

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-327034

(43)Date of publication of application : 10.12.1993

(51)Int.Cl.

H01L 39/02

C30B 25/18

C30B 29/22

H01L 21/36

(21)Application number : 04-310399

(71)Applicant : XEROX CORP

(22)Date of filing : 19.11.1992

(72)Inventor : FORK DAVID K
NASHIMOTO KEIICHI

(30)Priority

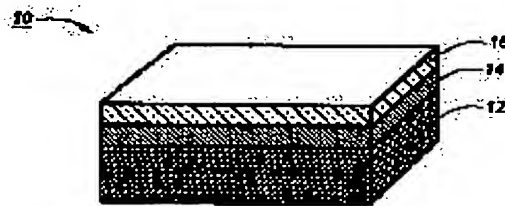
Priority number : 91 798672 Priority date : 26.11.1991 Priority country : US

(54) EPITAXIAL MAGNESIUM OXIDE AS BUFFER LAYER FOR FORMING NEXT LAYER ON TETRAHEDRAL SEMICONDUCTOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To enable an epitaxial growth of a ferroelectric layer, an oxide superconductor layer and other layers on a substrate which is made of different materials, and make easy formation of various kinds of monolithic devices by forming an epitaxially grown MgO layer on a tetrahedron compound semiconductor substrate.

CONSTITUTION: A device has a structure such that a tetrahedron compound semiconductor substrate 12 and an epitaxial mechanism oxide layer 14 are provided, which is so grown on the substrate 12 that its crystal axis is oriented toward that of the substrate 12. For example, a thin epitaxial layer 14 which is made of MgO is formed by evaporation on a GaAs (100) substrate 12, and then a thin epitaxial film 16 which is made of BaTiO₃, a ferroelectric substance, is formed on the thin epitaxial layer 14. For deposition of the epitaxial films 14, 16 by evaporation, a laser pulse ablation method is used, which uses an XeCl excimer laser with Mg and BaTiO₃ being used is targets.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or

application converted registration]
[Date of final disposal for application]
[Patent number]
[Date of registration]
[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-327034

(43)公開日 平成5年(1993)12月10日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 39/02	Z A A B	9276-4M		
C 3 0 B 25/18		9040-4G		
29/22	5 0 1 K	7821-4G		
H 0 1 L 21/36		9171-4M		

審査請求 未請求 請求項の数2(全7頁)

(21)出願番号 特願平4-310399

(22)出願日 平成4年(1992)11月19日

(31)優先権主張番号 798672

(32)優先日 1991年11月26日

(33)優先権主張国 米国(US)

(71)出願人 590000798

ゼロックス コーポレイション

XEROX CORPORATION

アメリカ合衆国 ニューヨーク州 14644

ロチェスター ゼロックス スクエア

(番地なし)

(72)発明者 デイビッド・ケイ・フォーク

アメリカ合衆国 カリフォルニア州

94306 パロアルト アッシュストリート

2110

(72)発明者 梨本 恵一

神奈川県綾瀬市寺尾台2-2-9

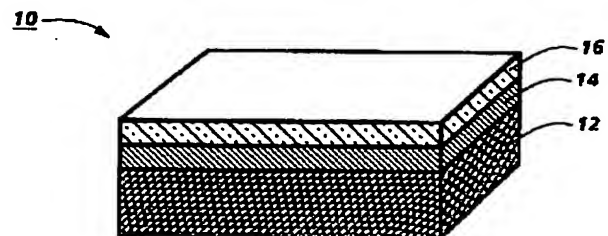
(74)代理人 弁理士 小堀 益

(54)【発明の名称】 四面体の半導体に次層を形成するための緩衝層としてのエピタキシャル酸化マグネシウム

(57)【要約】 (修正有)

【目的】四面体半導体基板12上にMgO緩衝層を設け、後の層のエピタキシー生成を可能にし、幾つかのモノリシック装置の形成を容易にする。

【構成】本発明の構造は、MgOよりなるエピタキシャル緩衝層と、強誘電体材料よりなるエピタキシャル層または超伝導体材料よりなるエピタキシャル層あるいはこの両方の層がその上に形成された半導体基板を含んでいる。半導体基板は四面体構造型のものであり、そして元素材料であってもよいし化合物材料であってもよい。四面体半導体基板上のMgO緩衝層は後の層のエピタキシー生成を可能にし、幾つかの新規なモノリシック装置の形成を容易にする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 四面体化合物半導体基板と、その結晶軸が前記四面体化合物半導体基板の結晶軸に配向するように基板上に成長させられたエピタキシャル酸化マグネシウムよりなる層を含む構造。

【請求項 2】 ダイヤモンド基板と、その結晶軸が前記基板の結晶軸に配向するように基板上に成長させられたエピタキシャル酸化マグネシウムよりなる層と、前記エピタキシャル酸化マグネシウム層上に形成されたエピタキシャル被覆層を含む構造。

【発明の詳細な説明】

【0001】〔発明の背景〕本発明は一般的には、異なる材料よりなる基板上に材料の少なくとも一つの層をエピタキシー生成させることに関する。詳しくは本発明は酸化マグネシウム／四面体半導体基板構造上への少なくとも一つの新たなエピタキシャル層の生成を容易にするために、四面体半導体基板、特にゲルマニウムなどの元素基板およびガリウム・ヒ素（GaAs）などの化合物基板上にエピタキシャル酸化マグネシウム緩衝層を生成させることに関する。

【0002】現在、半導体基板上への酸化物生成の分野において多くの研究が行われている。この分野における特に活発な領域、そして重要な技術的応用を有する領域は、エピタキシーによる半導体基板上への酸化物の生成である。ここで使用されている基板という用語は下にある層を示すものであり、他の層がその上に生成される基層に限定されないものも含む。ここで使用されているエピタキシーという用語はフィルムおよび基板が異なる結晶構造を有する異なる材料である場合に、その結晶性基板に対する結晶性薄膜の配向を示す。エピタキシーがない場合には結晶性薄膜は基板に対してそれぞれランダムに配向された多くの微結晶よりなる。

【0003】選択された基板上にエピタキシー生成されると重要な技術の基礎になりうる多くの材料がある。永久電気双極子モーメントを持続することができるという意味で強磁性材料の電気的な類似体である強誘電体材料はそのような材料の一つである。不揮発性メモリ（電力が取除かれたときに情報を保持するメモリ）、電気工学装置および表面音波装置に使用される強誘電体薄膜の利用に多くの注目が集中されてきた。強誘電体フィルムのエピタキシャル成長は有用な高品質のフィルムを製造するのに重要であるが、これは強誘電体材料の特性が結晶の配向によって左右されるためである。不揮発性メモリにおいては、一つの装置における永久強誘電体双極子モーメントは 1 ビットの情報を記憶するのに使用される。強誘電体がエピタキシャルであるときは双極子モーメントが向上するが、これは双極子がすべて同じ方向に配列することができるからである。非エピタキシャルフィルムにおいてはこのことは当てはまらないが、それは微結晶がランダムに配向されているからである。電場が付与

されるときに強誘電体結晶がすべて形状を変えることは自然の特性である。不揮発性強誘電体メモリにおいて、この形状変化は装置の耐用寿命を制約する内部応力を生ずる可能性がある。強誘電体フィルムをエピタキシャルに成長させ、そして表面に直角に電場を付与することによって、応力は減少されるか、あるいは完全に取除かれるが、これはフィルムの自由表面に直角に結晶の歪みが起るためである。

【0004】エピタキシャル強誘電体フィルムは不揮発性メモリに対する増強であるが、光伝搬損失が少ないことが要求されるため光学導波管を使用する電気工学用途に必要なものである。強誘電体結晶の屈折率は結晶の配向によって定まることが知られている。非エピタキシャル強誘電体薄膜はそれぞれの粒界において屈折率の変化（配向の変化に起因する）による散乱のために伝搬損失が大きくなる。しかしながら、エピタキシャル強誘電体薄膜は伝搬損失が著しく少ないので多様な応用が可能になる。例えば強誘電体導波管層がエピタキシャルに生成されると、半導体レーザーを含むガリウム・ヒ素基板上に実用的な強誘電体導波管が得られる。また強誘電体材料のよく知られた圧電特性、すなわち付加された電界中での歪のために、屈折率の変動によってレーザービームを屈折させたり導いたりする音波を発生することができる。強誘電体の非直線的特性は例えばレーザー光の周波数を 2 倍にし、そして多様な色を発生させることを可能にする。電気光学効果、すなわち付加される電界による屈折率の変動はレーザー光を変調する。

【0005】選択された基板上にエピタキシャルに生成される場合には重要な技術の基礎を構成することのできる材料の他の一つの群は高温超伝導体である。様々な酸化銅の形態をとる特定の高温超伝導体結晶化合物はそれらの結晶の配向に著しく左右される電気特性を有する。例えば臨界電流密度、すなわち無視できる抵抗で材料が運ぶことのできる電流の量は、電流が銅-酸素面に沿って流れるときには一般に大きく、電流が銅-酸素面に直角に流れるときには極めて小さい。正確な数値は今のところ知られていないが、ある場合には異方性であることが確信される。高温超伝導体のエピタキシャルフィルムは大抵は銅-酸素面に流れる電流の臨界電流密度が大きいのに反して、現在までの非エピタキシャルフィルムは大きな臨界電流を持続する能力を持っていなかった。非エピタキシャルフィルムにおいては銅-酸素面が好適に配列しないのでそれぞれの粒界は導電路における“弱いリンク”になる。高周波数における高温超伝導体酸化銅に電気特性は大部分が“弱いリンク”の問題のためにそれらの結晶品質に大きく依存している。エピタキシャル成長はマイクロウェーブの用途に適するフィルムを得るための決定的な必要条件である。十分な品質のエピタキシャルフィルムが成長するときには、10 GHz における損失は 77 K における銅よりも何桁も小さい

可能性がある。

【0006】実際、高温超伝導体材料および強誘電体材料の両方が一つの装置にいっしょに使用されている用途がある。一つの実例は強誘電体装置のための電極としての高温超伝導体の使用である。これらの装置は金、白金およびアルミニウムなどの通常の金属電極を有する装置に対して利点を有し、強誘電体の配向されたエピタキシャル成長は前述の利点を伴って可能である。この用途においては銅酸塩(cuprate)超伝導体の超伝導特性ではなく金属的特性が利用される。下部電極としての銅酸塩と上部電極としての金属または銅酸塩を使用して、キャパシタ構造が製造され、この構造においては印加される電圧はエピタキシャル強誘電体の分極を切替えてキャパシタ当たり1ビットのデーターを蓄積するために使用される。この装置は分極を逆にして生成したパルス電流を測定することによって読み取られる。

【0007】非常に重要な種類の装置はその基板が半導体、特に化合物半導体である装置である。化合物半導体基板の利用は重要であるが、それはトランジスタ、キャパシタ、レジスタ、ダイオード、レーザーなどを含む多くの種類の半導体装置を超伝導体および／または強誘電体よりなる素子および部品をモノリシックに組合せることができるためである。例えばガリウム・ヒ素(GaAs)上の強誘電体フィルムのエピタキシャル成長は同じGaAs基板上に半導体および酸化物強誘電体電気光学装置の集積化を可能にする。

【0008】強誘電体材料および／または超伝導体材料のエピタキシャル層をシリコン基板上に形成することは従来から説明されてきた。非半導体酸化物基板上の他のエピタキシャル強誘電体および高温超伝導体フィルムが報告されてきたが、例えばGaAsおよびGaP基板上のPLZT薄膜がある。これらのフィルムは少なくとも基板中への鉛の拡散の問題に基づいて装置の構成にとって許容できない。しかしながら、現在のところシリコン以外の元素半導体基板および化合物半導体基板上に成長した実用的なエピタキシャル強誘電体および高温超伝導体はまだ報告されていない。

【0009】前述の基板を形成する幾つかの半導体材料があり、その多くは実質的に同じ結晶構造を共有している。一つの重要な種類の半導体はそれぞれの原子が4個の四面体状に配置された隣接する原子によって取囲まれている半導体である。これらの半導体はここでは集成的に四面体型半導体と呼ばれる。ダイヤモンド、シリコンおよびゲルマニウムは四面体結晶構造を有する元素半導体であって半導体エレクトロニクス用の実用的な材料である。元素半導体の四面体構造の一つの実例としてシリコンの原子構造が図1に示されている。元素四面体型半導体は共有結合である。四面体化合物(または合金)半導体は、化合物の原子格子がそれぞれの原子が四面体状に4個の隣接する原子によって取囲まれるように配列さ

れている。四面体化合物半導体の実例としてはSiC

(炭化ケイ素)およびそのポリタイプ(それぞれの炭素原子にケイ素原子が四面体状に配位されるか、その逆を基礎にする)、GaAsその他の化合物半導体、一般に周期律表のカラムIIIおよびVあるいは列IIおよびVIの化合物がある。化合物半導体結晶の四面体構造の一つの実例として構造GaAsが図2に示されている。化合物半導体は共有的特性とイオンの特性を混合した特性を有する。中間的な種類の合金元素四面体半導体も重要である。この種の材料の一つの実例はシリコンとゲルマニウムとの合金である。これらの材料の結晶構造は不規則である。しかしながら、これらの材料も様々な装置のための有用な基板として役立つ。

【0010】GaAs(四面体半導体の一つの実例として)上に直接に強誘導体フィルムをエピタキシー成長させたものは必要な高成長温度、相互拡散および亜鉛配合構造に対するエピタキシーの一般的な欠乏を含む幾つかの要因によって困難になる。例えば強誘電体PLZT[(Pb, La)(Zr, Ti)₃]フィルムがGaAs基板上で製造されたとき、GaAs中へのPbの拡散が検出された(前述のイシダ等の引例を参照)。強誘電体フィルムの成長に必要な高温プロセスもGaAs装置を分解する。GaAsは400℃以上でAsを分離し始め、強誘電体または超伝導体フィルムの成長に適さないAs₄フラックス雰囲気なしで690℃以上において1層ずつの昇華が報告されてきた。

【0011】四面体半導体基板上に直接に生成された高温超伝導体の生成に関しても、ほとんど同じことが言える。超伝導体フィルムの成長に必要な高温プロセスは半導体装置を分解する。キュプラート超伝導体と四面体半導体とのすべての組合せが薄膜適合性を試験されたわけではないが、試験されて日付を記されたシステムは反応して好ましくない絶縁生成物を生成する。

【0012】強誘電体および／または超伝導体薄膜をシリコン元素基板と組合せることの困難さを克服するための一つの成功的な解決策は被覆緩衝層の使用である。この緩衝層は低温度でエピタキシャルに生成され、強誘電体および／または超伝導体フィルムのエピタキシー成長を促進し、同時に強誘電体および／または超伝導体フィルムから基板中への拡散を防止する種類のものである。ここに記載されているように、本発明はシリコン以外の材料よりなる四面体元素半導体基板あるいは中間に生成されたMgO緩衝層を有する四面体化合物半導体基板上に金属、エピタキシャル強誘電体および／または超伝導体フィルムを付与することによって従来技術の限界を克服するものである。

【0013】〔発明の概要〕本発明は今まで有利に集積することができなかった異種の材料の有用な一体的集積構造およびこのような集積体から得られ、これを使用した装置を得るための方法である。本発明は一般に四面体

半導体基板上にエピタキシャルに生成されたMgO層の上に生成された金属、エピタキシャル強誘電体材料、エピタキシャル超伝導体材料あるいはこれらの材料の少なくとも一つの組合せを有する型の多様な構造を提供する。本発明によって提供される構造は公知のシリコン基板の他に、シリコン以外の元素半導体基板および化合物半導体基板にまで範囲を拡大する。本発明の方法は一般に四面体化合物半導体基板を使用した新規な構造の組立てを容易にする。

【0014】MgOは強誘電体でもなければ超伝導体でもない。しかしながら、MgOはこれらの種類の材料の両方のエピタキシー成長のための優れた基板である。エピタキシャル薄膜として成長したときに、薄膜層は金属、強誘電体層および／または酸化物超伝導体層のための優れた基板でもある。したがって、本発明の最も中心的な点は半導体基板上にエピタキシャル緩衝層としてMgOを使用することである。エピタキシャル緩衝層としてMgOは基板の結晶軸に配向した結晶軸を有し、さらに次に生成する層の結晶軸も基板の結晶軸に配向するように配列を継承する。

【0015】本発明のある実施態様は他の新たな目的のために緩衝層を利用している。例えば導波管は付加的な制限のための手段としての（例えば強誘電体中の光が全内部反射によって制限されるようにするための）MgO緩衝層を利用することができる。

【0016】本発明によって製造することのできる構造の一つの特に重要なサブセットは形成された光放射装置または類似の装置を備えた型の半導体基板、例えば形成されたソリッドステートレーザを備えたGaAs基板の上に生成された強誘電体材料か超伝導体材料よりなる構造である。本発明はGaAs基板と超伝導体キュプラートのエピタキシャルフィルムとの組合せを得るためのただ一つの現在知られている方法を提供する。

【0017】本発明によって製造することのできる構造の他の一つの特に重要なサブセットは、すべてGaAsなどの四面体半導体基板上で酸化マグネシウム層と超伝導体材料の層との間に例えばBaTiO₃よりなる中間層を生成することを含む。超伝導体材料のための改善されたエピタキシーが得られ、このことによって電気的特性が改善された装置が得られる結果になる。

【0018】MgOが本発明の仕事の焦点であるが、他の第II群の酸化物（CaO₂、SrO₂、BaO₂など）がMgOと同等または同様の利点を提供すると考えられる。半導体基板上に生成させるための様々の可能な酸化物の中からMgOを選択する上で決定的な要因は、ここに開示されている方法を利用して極めて低い温度において結晶性MgOがエピタキシャルに生成されることである。我々は250℃以下の温度においてGaAs基板上にエピタキシャルMgOを生成した。この方法はGaAsがAsを遊離し始める温度（約400℃）よりも

十分低い温度においてMgO層を生成できるという利点を有する。いったんMgO層が生成されると、GaAsは被覆されて高い生成温度を必要とする他の層が安全に生成される。MgOはNaCl構造を有する大きなバンドギャップ絶縁体である。MgOの屈折率は1.7であって大抵の酸化物強誘電体よりも小さく、このことは光伝送ラインを造るための必要条件である。MgOの格子定数は4.213ÅであってGaAsなどの半導体に対しては極めて不適合であることを示す。しかしながら、我々の研究の四面体半導体基板上のMgOのエピタキシー成長に対して前記の格子定数は余り大きな影響を及ぼさないことを示した。さらに我々は高度にイオン性であるMgOはシリコンなどの純粋に共有結合の四面体半導体およびGaAsなどのある程度イオン性の四面体半導体上にエピタキシャルに成長することも示した。

【0019】図1は、この技術分野で公知の元素半導体、シリコンの四面体構造の一つの実例を示す。

【0020】図2は、この技術分野で公知の化合物半導体GaAsの四面体構造の一つの実例を示す。

【0021】図3は、四面体半導体基板上のMgOの層の上にBaTiO₃のフィルムがエピタキシャルに生成された本発明の一つの実施態様による構造を示す。

【0022】図4は、四面体半導体基板上のMgOの層の上にYBCOのフィルムがエピタキシャルに生成された本発明の他の一つの実施態様による構造を示す。

【0023】図5は、四面体半導体基板上のMgOの層の上にエピタキシャルに生成されたBaTiO₃の層の上に、YBCOフィルムがエピタキシャルに生成された本発明のさらに他の実施態様による構造を示す。

【0024】本発明の範囲と本発明が従来技術における欠陥を克服する方法は図面と関連させて行われる以下の詳細な説明からさらに明らかになるだろう。

【0025】〔詳細な説明〕本発明は適切な場合には一般化の領域を参照して実例として記載される。図3は透視図において最初の実例として役立つ構造10を示している。（図3およびここに含まれているすべての図面は特に指示しない限り縮尺で書かれたものではないことが分るだろう）構造10はその上にMgOよりなるエピタキシャル層14が生成されるGaAs（100）よりなる基板12を有する。MgO層14の上には強誘電体BaTiO₃よりなる薄いエピタキシャルフィルム16が生成されている。様々の条件の下でGaAs上に直接に蒸着されるBaTiO₃フィルムが我々の実験においてはGaAsに対してエピタキシャルでなかったことは重要である。GaAs表面にまずMgOを成長させることによって、我々は広い範囲の成長条件の下でエピタキシャルBaTiO₃を製造した。

【0026】フィルムの蒸着はパルス速度4Hz、パルス長さ17ns、ターゲットに対して1.3J/cm²のエネルギー密度を付与する130mJのレーザーエネ

ルギーにおいて308nmのXeClエキサイマーレーザーを使用してレーザーパルス・アブレーションによって実施された。ターゲットと基板との距離は50nmであった。BaTiO₃ およびMgのターゲットが使用された。308nmにおけるMgOの光吸収は弱過ぎて酸化物(MgO)を消散させることができないので金属Mgのターゲットが使用された。金属MgターゲットからのMgは10eVを超えるMgO分子の高い結合エネルギーのためにO₂ によって極めて容易に酸化される。GaAs基板は石英ランプ照射によって加熱された。温度は常に基板よりも熱いランプの近くの熱電対と、基板に対向している高温計によって測定された。

【0027】シリコンをドーブされたGaAs(001)ウェーハが通常使用される溶媒によって洗浄され次いでH₂SO₄ : H₂O₂ : H₂O中でエッチングされた。それから基板は脱イオン水およびエタノールで洗浄され窒素流フード中でエタノールによって遠心乾燥された。この手法の後で基板は直ちに蒸着室の導入された。エッチング後に生成された表面酸化物を昇華させるためにMgOフィルムを蒸着する前に、基板は基本圧力3×10⁻⁷トルにおいて2分間680℃(高温計によれば600℃)において加熱された。この温度は582℃の温度で酸化物の脱着が起るという仮定に基づいて選択された。

【0028】MgOフィルムは250℃~450℃の範囲の温度で、2×10⁻⁶~2×10⁻⁵トルの範囲のO₂ 圧力で幾つかのサンプルに付着された。これらのサンプル上へのMgO層の生成に次いで圧力が1~10×10⁻³トルの酸素雰囲気中で680~880℃(高温計によれば600~800℃)の範囲の温度でそれぞれのサンプル上にBaTiO₃ フィルムが付着された。各サンプルへのMgOおよびBaTiO₃ フィルムの蒸着は同じ操作中の同じ反応室中で実施された。

【0029】BaTiO₃/MgO/GaAs構造からのX線θ-2θ回析図はMgO層およびBaTiO₃ 層はGaAs(100)に配向したその面(100)方向に、そしてGaAs(001)に配向したその面(001)方向から外れてエピタキシャルに成長した。これらのエピタキシー関係だけに対応する回析図はMgOフィルムが5×10⁻⁶トルの酸素雰囲気中で製造されるときに得られた。(これらのエピタキシー関係に対応する最良の回析図はMgOフィルムが5×10⁻⁶トルの酸素雰囲気中で得られた。)2×10⁻⁶トル以下の酸素圧力の下でMgOフィルムが蒸着されるときにBaTiO₃ の不配向面が観察された。基板に関してエピタキシャルフィルムの平面内および平面外不配向の程度もX線回析を利用して測定された。MgOの平面外不配向は1度以下の低度のものであった。BaTiO₃ の平面外不配向は1.5度以下であった。フィルムの平面内不配向は一般に2度以下であった。BaTiO₃ (200)お

よびMgO(200)のロッキング曲線のハーフマキシマムにおける全幅は互いに比例しており、BaTiO₃ フィルムの結晶性は下にあるMgOフィルムの性質によって左右されることを示す。エッチング後に生成した表面酸化物の昇華のないフィルムも製造されて、これらのフィルムはGaAs基板と対比して約2倍の大きさの平面内および平面外不配向を示した。

【0030】MgOフィルムの屈折率はエリブソメトリー(だ円偏光法)によって測定された。最高のエピタキシーの性質を示したときにフィルムのバルクの数値に極めて近い数値が得られた(バルクの数値1.735に対比して1.725の屈折率)。BaTiO₃ フィルムにおける強誘電性挙動はソーヤー塔回路を使用して付加された電場に対する分極を測定することによって確認された。

【0031】図4は本発明によって製造される典型的な高温超伝導体構造の実例を詳細に示している。構造20の前述のようにしてMgOよりなる層24がその上に生成されたGaAs基板22を含んでいる。超伝導体YBa₂Cu₃O_{7-δ}(YBCO)がMgO層24上のエピタキシャルフィルム26として生成された。YBCO層は同じレーザーパルス蒸着法によって同じ反応室中で200ミリトルで800~850℃(高温計によれば700~750℃)において成長された。エピタキシーはX線回析によって確認され、層の平面(100)方向は非直線的であり、YBCOフィルムは基板の平面に対して直角なC軸を有して成長することが示された。超伝導は温度に対して抵抗を測定することによって確認された。このフィルムは87Kの温度(T_c)において抵抗が0になる。

【0032】図5は典型的な高温超伝導体構造30の図4に示すものと同様の他の一つの実例を詳細に示している。GaAs基板32上に前述の方法と同様にしてMgO層34およびBaTiO₃ 層36が生成された。そして前述のようにして層36上にYBa₂Cu₃O_{7-δ}(YBCO)の層38が生成された。やはりX線回析によってエピタキシーが確認され、層の平面(100)方向は非直線的であり、YBCOフィルムは基板の平面に直角なC軸を有して成長することが示された。超伝導は温度に対して抵抗を測定することによって確認された。このフィルムは87Kの温度(T_c)において抵抗が0になる。

【0033】幾つかの酸化物緩衝材料がSi上にエピタキシャルに成長されたが、この仕事はGaAs上のエピタキシャル酸化物緩衝層の最初の報告を示している。GaAsおよびSiの両方の上にエピタキシャルMgOが生成されてきた。このことから、あらゆる四面体半導体(SiとGaAsはその二つである)上でのMgOのエピタキシー成長は可能なだけでなく同様の低い温度において起ると結論される。エピタキシー成長技法のZ

nSeやInPなどの化合物四面体半導体基板およびカラム4の元素四面体半導体Geやダイヤモンドにまでの拡散は予測できる結果を伴って実施できる。エピタキシーは半導体の格子定数とは無関係に起ると考えられるので、これらの材料の間の格子定数の大きな差異は前記の結論に影響を及ぼさない。シリコンおよびGaAsに対するMgOの格子不適合は大きい（それぞれ22.5%および25%）が、このことは格子適合はエピタキシー成長の確立において余り重要な役割を果たさないという証拠である。

【0034】前述と同様の方法で、 $PbTiO_3$ 、 $PbLaTi_3$ [PLT]、 $Pb(ZrTi)_3$ [PZT]、 $(Pb, La)(Zr, Ti)_3$ [PLZT]、 $SrTiO_3$ 、 $KNbO_3$ 、 $KTaO_3$ 、 $NaNbO_3$ 、 $CaTiO_3$ 、 $LaAlO_3$ および $NaTaO_3$ などの ABO_3 型ペロブスカイト薄膜は、四面体化合物半導体を損傷しないで低温度成長エピタキシャルMgO緩衝層を利用してGe、ダイヤモンド、等軸晶系SiC、AlAs、AlSb、AlP、GaP、GaSb、InP、InAs、InSb、ZnS、ZnSe、ZnTe、CaSe、CdTe、HgSe、HgTe、CdS、AlGaP、AlInP、AlGaAs、AlInAs、AlAsSb、GaInAs、GaInSb、GaAsSbおよびInAsSbの基板上にエピタキシャルに成長させることができる。また単結晶MgO基板上にエピタキシャルに成長するどのような材料もこれらの四面体半導体基板上にエピタキシャルMgO上に成長する。我々はレーザーパルス蒸着は多様な適当な成長技法の一つに過ぎない。この技術分野ではスパッタリング、電子線蒸着、分子線蒸着、イオンプレーティング、化学気相蒸着などの他の技法が知られており、これらの技法も四面体半導体上にエピタキシャルMgOを成長させるために役立つ。この技法によって半導体レーザーダイオードとソリッドステート音響・光学レーザー走査装置を含むモノリシック集積装置およびGaAs高周波装置を有する高温超伝導装置を初めて造ることができる。

【0035】一般に、本発明が属する技術分野の熟練者にとっては本発明の精神および範囲から外れることなく本発明の構成の多くの変化および異なる実施態様および応用が示唆される。例えばこの技術分野の熟練者には自明のように緩衝層の上に配置される層の順序は特定の目的を実現するために様々に変化される。また、ここで使用される基板は他の一つの層の上に形成された構造の層であってもよい。例えば半導体基板を有する構造への言及は半導体そのものが他の一つの層の材料の上に形成される構造を含んでいることはこの技術分野の熟練者には理解されるだろう。したがって、ここに示されている開示および説明は例示のためのものであり、どのような意味においても本発明を限定するものと考えるべきではない。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この技術分野で公知の元素半導体、シリコンの四面体構造の一つの実例を示す。

【図2】 この技術分野で公知の化合物半導体GaAsの四面体構造の一つの実例を示す。

【図3】 四面体半導体基板上のMgOの層の上にBaTiO₃のフィルムがエピタキシャルに生成された本発明の一つの実施態様による構造を示す。

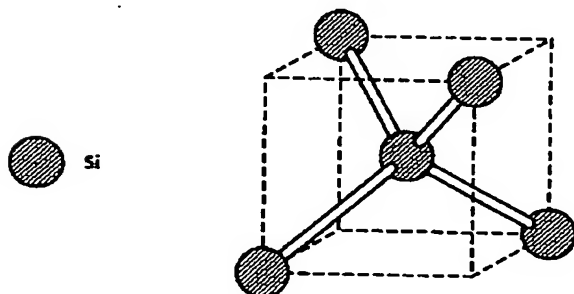
【図4】 四面体半導体基板上のMgOの層の上にYBCOのフィルムがエピタキシャルに生成された本発明の他の一つの実施態様による構造を示す。

【図5】 四面体半導体基板上のMgOの層の上にエピタキシャルに生成されたBaTiO₃の層の上に、YBCOフィルムがエピタキシャルに生成された本発明のさらに他の実施態様による構造を示す。

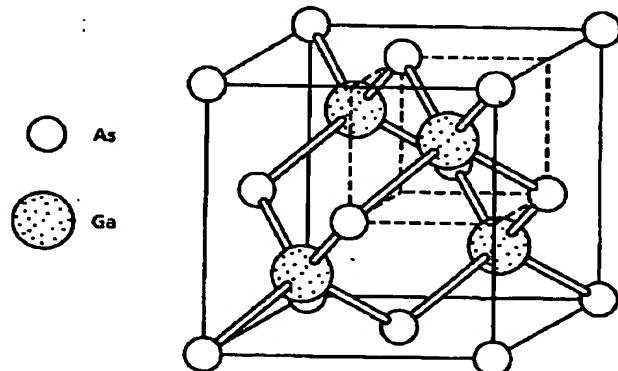
【符号の説明】

10 構造、12 基板、14 エピタキシャル層、16 エピタキシャルフィルム、20 構造、22 基板、24 MgO層、26 エピタキシャルフィルム、30 構造、32 基板、34 MgO層、36 BaTiO₃層、38 YBa₂Cu₃O_{7-δ} (YBCO)の層

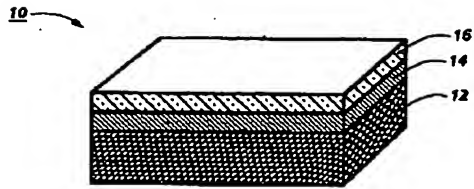
【図1】



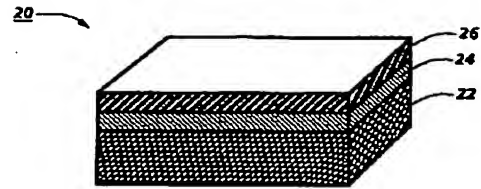
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

